



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Säiliöajoneuvon apurungon suunnittelu

Tommi Auranen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2016
Auto- ja kuljetustekniikka
Auto- ja työkonetekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Auto- ja kuljetustekniikka
Auto- ja työkonetekniikka

AURANEN, TOMMI:
Säiliöajoneuvon apurungon suunnittelu

Opinnäytetyö 44 sivua, joista liitteitä 11 sivua
Joulukuu 2016

Opinnäytetyön aiheena on suunnitella polttoainekuljetuksiin tarkoitettuun säiliöajoneuvon apurunko, joka toimii kiinnityksenä kuorma-auton rungon ja päällirakenteena toimivan säiliön välillä. Tavoitteena oli varmistaa 3D-suunnitteluohjelman avulla rungon sopivuus sekä valmistaa tarvittavat piirustukset tuotantoa varten. Lisäksi apurungolle suoritettiin FEM-simulointi, jossa tutkittiin kuormituksen aiheuttamia rasituksia ja venymiä.

Suunnitteluvaiheessa pyrittiin kiinnittämään erityistä huomiota rakenteen painoon. Keventämällä rakennetta mahdollisimman paljon voidaan kuljetettavan polttoaineen määrää kasvattaa ja täten kuljetustehokkuutta lisätä.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Alumatic Oy. Työn taustalla oli uuden polttoainekuljetuksiin tarkoitetun säiliömallin markkinoille saattaminen sekä tähän liittyvä osien suunnittelu ja valmistus.

Apurungosta tehdyt mittapiirustukset ja lujuuslaskennat eivät sisälly julkaistavaan raporttiin, vaan jäävät yrityksen omaan käyttöön. Tästä syystä julkaistavasta opinnäytetyöstä on poistettu liitteet ja FEM-simulointia koskeva osio.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Automobile and Transport Engineering
Automobile and Industrial Vehicle Engineering

AURANEN, TOMMI:
Designing tank-vehicle's subframe

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 11 pages
December 2016

The purpose of this thesis was to design a subframe to the fuel tank vehicle, which serves as an attachment between the truck chassis and fuel tank. The aim was to ensure the body fit by using the 3-D design program and prepare the necessary drawings for the production. In addition, the subframe was carried out with FEM simulation, which examined the stresses and strains caused by the load.

The design phase, aims to pay special attention to the weight of the structure. Streamlining the structure as much as possible, can increase the amount of fuel that are transported and to increase the efficiency of transportation.

This thesis was commissioned by Alumatic Oy. The purpose of this work was to bring new fuel tank model to market in addition to the design and manufacture of parts.

Dimensional drawings and strength calculations that are made for subframe are not included in the published report. For this reason a section of appendices and fem simulation has been removed from published thesis.

Key words: tank vehicle, subframe, design

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SÄILIÖAJONEUVO.....	8
2.1	Toimintaperiaate	8
2.2	Alusta	9
2.2.1	Akselit	12
2.2.2	Jousitus.....	12
2.3	Säiliö	13
2.3.1	Säiliön materiaali	13
2.3.2	Säiliön muoto	14
3	APURUNKO	15
3.1	Geometria.....	16
3.2	Kiinnitys.....	18
3.2.1	Kiinnitys runkoon	19
3.2.2	Kiinnitys säiliöön	20
3.3	Materiaali	21
5	POHDINTA	23
	LÄHTEET	24
	LIITTEET	25

ERITYISSANASTO

ADR	European Agreement concerning the international carriage of Dangerous Goods by Road. Sopimus vaarallisten aineiden kansainvälisistä tiekuljetuksista
VAK	Vaarallisten aineiden kuljetus
FEM	FiniteElement Method, Elementtimenetelmä, Käytetään lujuuslaskennassa
TrailerWIN	Kuorma-auton päällirakenteiden ja perävaunujen suunnittelu ohjelmisto

1 JOHDANTO

ADR-kuljetuksissa, eli vaarallisten aineiden tiekuljetuksissa käytetään pääsääntöisesti säiliöajoneuvoja. Näissä kuljetettavat aineet voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri luokkaan ominaisuuksiensa mukaan: palavat nesteet, kaasumaiset tuotteet ja kemikaalit.

ADR-sopimukseen liittyy paljon erilaisia sääntöjä ja vaatimuksia, joiden mukaan säiliöajoneuvo tulee valmistaa. Valmistusmenetelmät, materiaalit ja säiliön muoto, sekä rakenne vaihtelevat kuljetettavien aineiden mukaan. VAK eli vaarallisten aineiden kuljetuksista on laadittu laki, joka noudattaa Euroopan sisäisesti tehtyä ADR-sopimusta. Lisäksi säiliöautoa rakennettaessa täytyy ottaa huomioon myös Suomen tieliikennelaki, joka asettaa omat ehtonsa. ADR-kuljetuksiin tarkoitettulle säiliöajoneuvolle tulee suorittaa VAK-hyväksynnän mukainen tyyppihyväksyntä, kun ajoneuvo ensirekisteröidään käyttötarkoitukseensa. Tämän jälkeen ajoneuvolle suoritetaan vuosittainen VAK-katsastus (Tieliikenne lakikokoelmat 2016).

Alumatic Oy on Kangasalla toimiva yritys, joka valmistaa ja korjaa ADR-kuljetussäiliöitä erilaisiin kuljetusliikkeiden tarpeisiin. Palveluihin kuuluu lisäksi myös pyörän suuntaukset, Wabco ebs jarrujärjestelmien ohjelmointi ja testaus, sekä erilaisten mittajärjestelmien ja niiden antureiden korjaus. Yritys pyrkii aina ottamaan tuotteissaan huomioon asiakkaiden tarpeet ja antamaan täten parasta mahdollista lisäarvoa tuotteilleen. Tämän takia yritys tekee jatkuvaa tuotekehitystä kuljetustehokkuuden parantamiseksi.

Säiliöajoneuvossa apurungon tehtävänä on toimia kiinnityksenä kuorma-auton rungon ja päällirakenteena toimivan säiliön välillä. Eri kuorma-auton valmistajilla on omanlaisensa runko, joten apurunko suunnitellaan aina merkkikohtaisesti. Perävaunujen osalta rakenne on erilainen, joten tätä kyseistä tapaa käytetään pääsääntöisesti vain vetoautoissa.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään Scania-merkkisen polttoainekuljetuksiin tarkoitetun säiliöajoneuvon apurungon suunnitteluun (kuva 1). Apurungon suunnittelussa käytetään hyväksi 3-D mallinnusta ja tästä saatavalla mallilla suoritetaan myös FEM-simulointi. Suunnitteluun vaikuttavaterilaiset lakivaatimukset, kuorma-auton valmistajan vaatimukset ja suositukset, sekä geometriset sopivuudet ja rakenteen paino.



KUVA 1. Säiliöajoneuvoyhdistelmä.

2 SÄILIÖAJONEUVO

2.1 Toimintaperiaate

Polttoainekuljetuksissa käytettävien säiliöajoneuvojen tarkoituksena on kuljettaa polttoainetta jalostamoilta huoltoasemille ja yksityisasiakkaille. Pääasialliset polttoaineet ovat bensiini, diesel ja polttoöljy. Uutena tuotteena ovat viimevuosina mukaan astuneet erilaiset biopolttoaineet, joita huoltoasemat myyvät vaihtelevasti.

Säiliöajoneuvossa on yleensä 5-6 erikokoista osastoa, jotka voidaan täyttää eri polttoaineilla kuljetussuunnitelman mukaisesti. Suunnitelman tavoitteena on, että säiliöautolla kuljetetaan aina suurin mahdollinen kuorma ja se pyritään aina purkamaan tyhjäksi asiakkaille, jotta ei syntyisi turhia kuljetuksia.

Säiliöajoneuvon lastaus jalostamolla suoritetaan pumppaamalla tarvittavat tuotteet ja tuotemäärät haluttuihin osastoihin. Purkutapahtuma suoritetaan huoltoasemilla niin sanottuna vapaapurkuna (kuva 2). Vapaapurussa tuote valuu säiliöajoneuvosta painovoimaisesti huoltoaseman maanalaiseen säiliöön. Tuotteen toimitettu määrä on suoraan verrannollinen jalostamolla lastattuun määrään. Suoraan asiakkaalle toimitettavissa tuotteissa purku tapahtuu vapaapurkuna tai pumppaamalla tuote asiakkaan säiliöön (kuva 2). Turvallisuus syistä bensiinituotteita ei pumpata, vaan ne toimitetaan aina vapaapurkuna. Asiakkaalle pumppaamalla toimitetut tuotteet kulkevat myös aina mittarin kautta, jolloin toimitettu määrä toteutuu mittarin näyttämän mukaan.



KUVA 2. Oikealla sivulla vapaapurku liittimet 5 kpl ja takana pumppupurkaus liittimet, sekä mittari.

2.2 Alusta

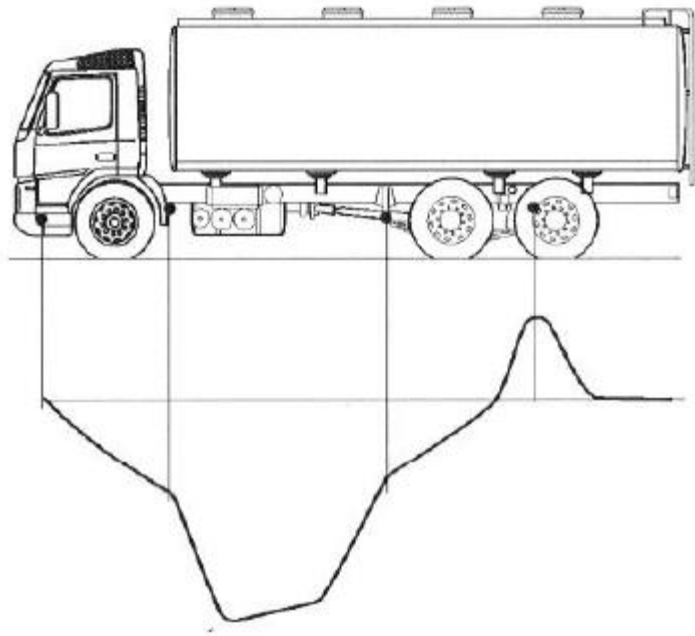
Alustalla tarkoitetaan kuorma-autoa, jonka päälle säiliö asennetaan. Alustan valmistajia on lukuisia ja jokainen valmistaja käyttää omanlaistaan runkoa (kuva 3). Apurunko toimii sovitteena säiliön ja eri valmistajien alustojen välillä.



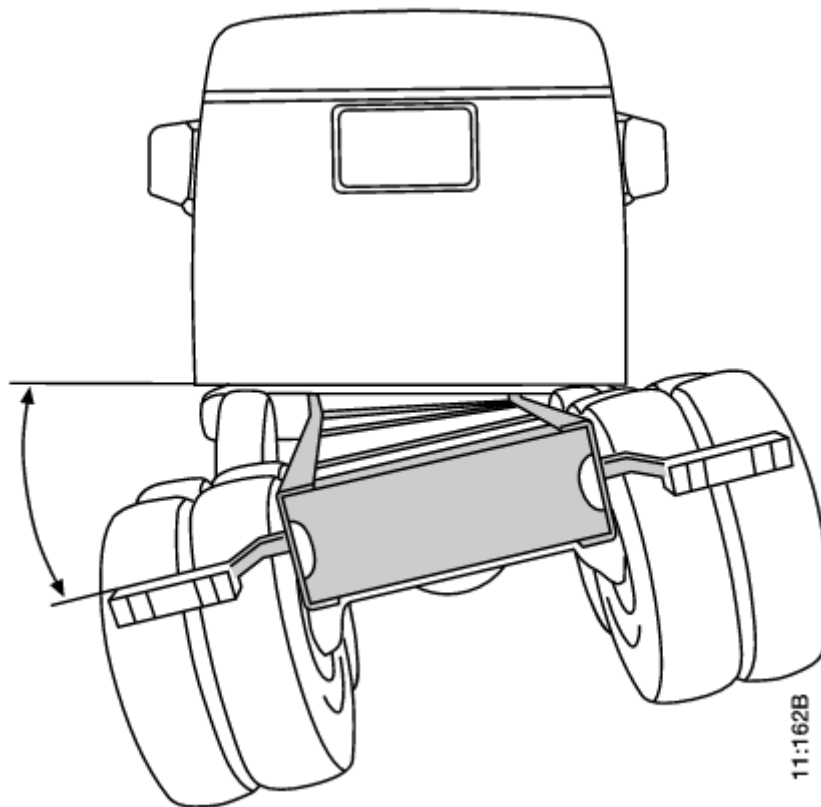
KUVA 3. Volvo alusta.

Alusta voidaan jakaa rakenteeltaan seuraaviin osakokonaisuuksiin: runko, voimansiirto ja ohjaamo. Alustan perustana on kahdesta samansuuntaisesta teräksisestä U-palkista valmistettu runko, jonka ympärille muut osakokonaisuudet kootaan. Tarvittaessa runkoa voidaan vahvistaa toisella sisään tulevalla U-profiililla. Avoin profiili sallii ajon aikana syntyvät vääntymiset altistamatta silti runkoa liialliselle rasitukselle. Alustavalmistaja tekee myös runkoon reijityksen kohtiin, joista halutaan päällirakenteen tulevan kiinnityksi. Tällöin päällirakentajan ei tarvitse tehdä muutoksia alustaan, vaan voi suoraan suunnitella päällirakenteen kiinnityksen alustan valmistajan ohjeistamalla mitoituksella (liite 1).

Ajon aikana alustaan kohdistuu lukuisia staattisia ja dynaamisia voimia. Staattiset voimat ovat kuorman runkoon aiheuttamia voimia. Voiman maksimiarvo sijoittuu etuakselin ja taka-akselin puoliväliin (kuva 4). Oikein kiinnitetty säiliö kuormittaa alustarunkoa pistekuormituksin kiinnityskohtien kohdalla. Dynaamiset kuormat ovat ajoalustasta ja ohjausliikkeistä aiheutuvia voimia, jotka lisäävät rungon kuormitusta. Tämän lisäksi alustaan vaikuttavat sivuttaiskuormat ja vääntökuormat (kuva 5). Dynaaminen kuormitus vaihtelee kokoajan ajon aikana.



KUVA 4. Säiliöajoneuvon kuorman aiheuttama momenttikuorma (Scania dokumentit. Yleiset päällirakenneohjeet 2. 2003).



KUVA 5. Vääntökuorma (Scania dokumentit. Yleiset päällirakenneohjeet 2. 2003).

2.2.1 Akselit

Rungon etuosassa sijaitsee vähintään yksi ohjaava akseli ja rungon takaosassa vähintään yksi vetävä akseli. Akselien lukumäärä, tyyppi ja akseliväli valitaan tulevan käyttötarcoituksen mukaan. Akseleista riippuen voi kuorma-auton kokonaismassa olla maksimissaan 38 tonnia.

Yleisesti säiliöajoneuvoissa käytetään neljän akselin rakennetta, jossa on yksi ohjaava akseli edessä ja kolme akselia takana, joista etummainen tai takimmainen tai molemmat ovat ohjaavia. Toisena vaihtoehtona on viiden akselin rakenne, jossa toinen akseli voi sijaita heti etuakselin takapuolella tai taka-akseliston yhteydessä. Tällöin ensimmäisen akselin lisäksi ohjaavia voi olla akselit kaksi tai viisi tai molemmat.

2.2.2 Jousitus

Kuorma-auton akselit ovat pääosin jousitettu ilma- tai paraabelijousin. Paraabelijousitus on lehtijousituksen tapainen, mutta poikkeuksena siinä käytetään vain kahta tai kolmea pitkää jousen lehteä. Paraabelijousitus on niin sanottu kova jousitus, joka muuttuu pehmeämmäksi kuormaa lisättäessä. Ilmajousitetussa akselissa on yksi tai useampi ns. ilmapussi, johon ohjataan paineilmaa 10-12 baarin paineella. Kokoon puristuessaan ilmapussin sisällä oleva ilma toimii jousena.

Säiliöajoneuvoissa käytetään pääsääntöisesti täysilmajousitusta, jossa jokainen akseli on ilmajousitettu. Täysilmajousituksen etuina ovat ajo-ominaisuuksien muuttumattomuus kuormattuna ja ajettaessa tyhjänä, sekä sen kyky säätää ajokorkeus kuorman mukaisesti. Lisäksi ilmajousitus on rakenteeltaan kevyempi ja vähemmän tilaa vievä. Säiliöajoneuvoa voidaan myös kallistaa ilmajousituksen avulla, jolloin kuorman purku helpottuu.

2.3 Säiliö

ADR-sopimus asettaa lukuisia eri vaatimuksia polttoainekuljetuksiin tarkoitetuille säiliöille niitä rakennettaessa ja niiden eliniän aikana. Säiliölle tehdään tarkastus sen valmistuttua ja sen jälkeen kolmen vuoden välein. Tarkastus suoritetaan hyväksytyyn tarkastuslaitoksen toimesta. Nämä tarkastukset eivät kuulu katsastuksessa suoritettaviin toimenpiteisiin.

Ensitarkastuksessa säiliölle tehdään tiiveyskoe, jossa säiliön, putkiston ja toimilaitteiden tiiviys varmistetaan. Hitsaussaumojen osalta suoritetaan radiograafinen tai ultraäänen avulla tehty koe, jossa saumoista kuvataan vähintään kymmenen prosenttia, kuitenkin kaikki risteävät saumat kuvataan. Tällä varmistetaan hitsaussaumojen laadun vastaavan raskuuksia (Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä, lakikokoelma 2015 kohta 6.8.2.1.23). Määräaikaistarkastuksessa säiliölle suoritetaan vastaava tiiveyskoe ja tämän lisäksi silmä määräinen tarkastus sisältä sekä ulkoa mahdollisten murtumien todentamiseksi.

2.3.1 Säiliön materiaali

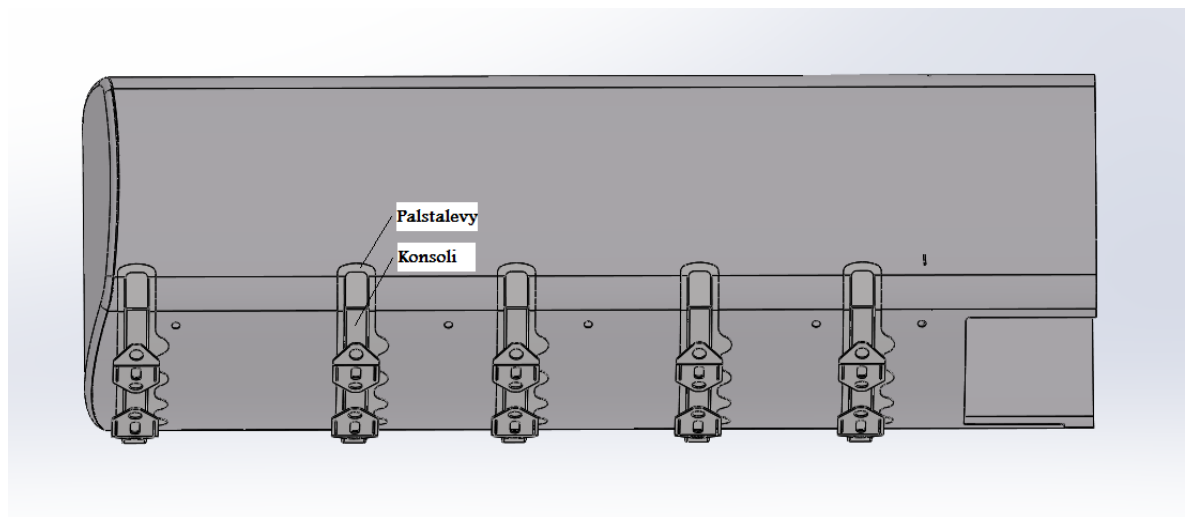
Yleisesti säiliön rakennemateriaalina käytetään alumiinia, joka on erittäin kevyttä verrattuna muihin metalleihin. Alumiinin paino riippuen seostuksesta on noin 1/3 teräksen painosta. Keveydellä on suuri merkitys lisäämässä kuljetustehokkuutta. Alumiini ei materiaalina tarvitse välttämättä pinnoitusta, vaansen pinnassa oleva oksidikerros estää sitä syöpymiseltä. Oksidikerros uudistuu hapen vaikutuksesta, joten vioittuminen ei aiheuta laajenevaa vauriota. Yleisesti kuitenkin ulkopinnat maalataan, koska se helpottaa niiden puhtaana pitoa ja ulkopintoja käytetään myös mainospintoina. Tavallisesta teräksestä poiketen alumiinilla ei esiinny lainkaan kylmähaurautta, joten se sopii hyvin arktisiin olosuhteisiin. Alumiini on materiaalina myös niin sanotusti kipinöimätön, joka on etu kuljetettaessa helposti syttyviä aineita.

2.3.2 Säiliön muoto

Säiliön poikkileikkaus oli alkuaikoina aina ympyrä. Nykyisin säiliöissä suositaan elliptistä muotoa, jolloin painopistettä saadaan tuotua alemmaksi ja täten ajoneuvon vakautta parannettua. Elliptinen muoto mahdollistaa suurempien polttoainemäärien kuljettamisen parantaen kuljetustehokkuutta. Muoto vakauttaa myös polttoaineen liikkumista ajon aikana ja ehkäisee rasituksen säiliöön aiheuttamia murtumia.

Säiliön sisään on hitsattuna osastojen väliset väliseinät sekä loiskeseinät, jotka vaimentavat polttoaineen liikkumista ajon aikana. Väli- ja loiskeseinät tukevat omalta osaltaan myös säiliön rakennetta.

Kaikki säiliöt ovat lähestulkoon poikkeuksetta itsekantavia. Säädösten mukaan säiliön kylkeen tulevien letkuhylyjien tulee toimia kantavana rakenteena, jolloin sekin tukee säiliön rakennetta. Säiliön pohjassa kulkee poikittain palstalevyt ja konsolit, mistä säiliö kiinnitetään apurunkoon (kuva 6). Konsolit sijoittuvat säiliöön osastojen tilavuuden ja lukumäärän mukaisesti väliseinien kohdalle. Tämä ratkaisu tukee säiliötä ja estää murtumien syntymistä konsolien kohdalle.



KUVA 6. Säiliö.

3 APURUNKO

Apurungolla on useita tehtäviä:

- kuormituksen jakaminen tasaisesti alustalle
- riittävän vapaan tilan varmistaminen pyöriä ja muita rungon yläpuolelle ulottuvia osia varten
- rakenteen jäykistäminen ja jännityksen vähentäminen takaylityksissä
- alustan suojaaminen
- alustasta syntyvien värinöiden vaimentaminen
- alustan ja päällirakenteen välisenä sovitteena toimiminen

Apurungon sivupalkkeina käytetään pääosin avoimia profiileja, kuten U-profiilia. Avoin profiili sallii vääntymistä altistumatta liialliselle rasitukselle. Sivupalkin jäykkyyttä voidaan lisätä tarvittaessa joko materiaalivahvuutta kasvattamalla tai valitsemalla materiaalliksi erikoisteräksestä valmistettuja profiileja. Myös apurungon poikkipalkit valmistetaan yleisesti avoimista U-profiileista. Niiden tarkoituksena on ottaa vastaan sivuttaisvoimia ja pitää apurunko kasassa. Sivu- ja poikittaispalkkien kasauksessa suositetaan pulattavaa kiinnitystapaa, sillä se on vähemmän herkkä murtumille kuin hitsattu rakenne.

Apurunko voi olla kiinnitetty alustaan kiinteästi, jolloin se tukee alustan rakennetta. Tällöin apurungolla pyritään vahvistamaan alustan rakennetta ja sen kierto- ja taipumajäykkyys lisääntyy. Kyseistä tapaa käytetään yleensä silloin, kun kuorman paino ylittää alustan kantavuuden. Toinen kiinnitystapa on kiinnittää apurunko kiinteästi taka-akseleiden kohdalta ja joustavilla kiinnikkeillä etu- ja taka-akseleiden väliltä. Tätä tapaa käytetään kun päällirakenne on jäykkä ja halutaan alustan joustavan apurungon alla. Jälkimmäistä tapaa käytetään säiliöajoneuvoissa, koska säiliön rakenne on jäykkä, eikä sen haluta joustavan alustan mukana (Scania dokumentti. Apurunkorakenne. 2016).

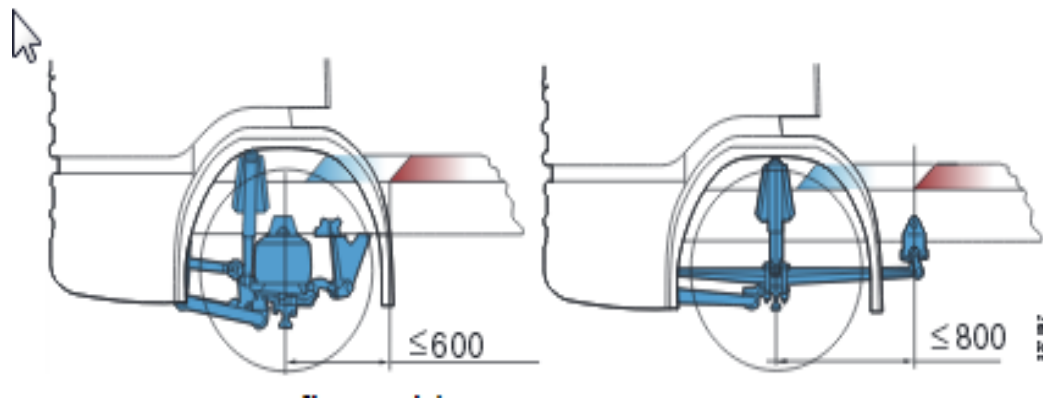
3.1 Geometria

Apurungon alapinnan tulee tukeutua runkoon siten, että runkojen välinen kitka vaimentaa rungon värähtelyjä. Apurungolla on oltava suuri kosketuspinta ja sen on seurattava rungon kaartumista ulospäin etureunassa, jotta varmistetaan paras vaimennus (kuva 7). Apurungon u-profiilin leveyden suositellaan olevan vähintään sama, kuin alustan runkoprofiilin. Tällöin saadaan suurin mahdollinen kosketuspinta-ala käyttöön. Mahdolliset hitsausseamat apurungon alapinnalta tulee hioa tasaisiksi.



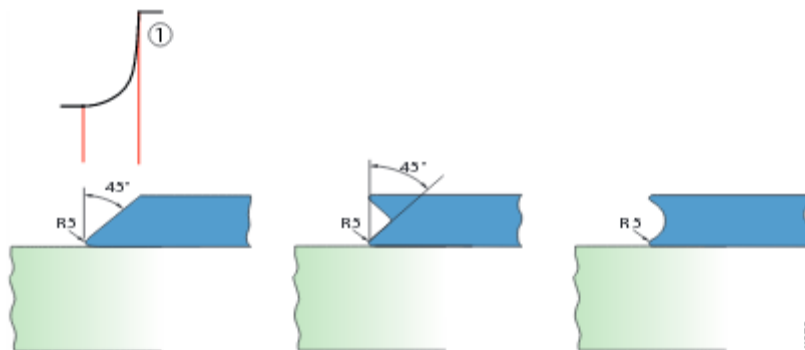
Kuva 7. Apurunko asennettuna.

Jotta rungon värähtelyt pystytään vaimentamaan, tulee apurungon etupää tuoda mahdollisimman lähelle etuakselia ja puristaa kiinni runkoon. Tämä korostuu erityisesti ilmajousitetuissa etuakseleissa. Apurungon pään suurin sallittu etäisyys etuakselin keskikohdasta on ilmajousituksella 600 mm ja lehtijousituksella 800 mm (kuva 8).



KUVA 8. Apurungon pään etäisyys etuakselista (Scania dokumentit. Apurunkorakenne 2014).

Apurungon etupään muodon tulee lisätä taivutusvastusta vähitellen alustan rungolla. Tällöin estetään pistemäisen kuormituksen syntymistä, joka aiheuttaa murtumaherkkiä kohtia alustan runkopalkkeihin. Apurungon pään muotoiluun on monia erilaisia vaihtoehtoja (kuva 9). Näistä suosituimpana voidaan kuitenkin pitää vähintään 45 asteen viisiteytystä, jota käytettäessä apurunko väistää ohjaamon ja sen päätä voidaan viedä lähemmäksi etuakselia.



KUVA 9. Taivutuskäyrä ja erilaisia rungon pään muotoja (Scania dokumentit. Apurunkorakenne. 2014).

Apurungon U-profiilin korkeudella varmistetaan riittävä tila säiliön ja pyörien välille. Säiliötä ei kuitenkaan haluta viedä liian korkealle, koska ajoneuvon ajettavuus ja vakaus kärsisivät. Apurungon avulla säiliötä nostetaan vain sen verran, että lokasuojan korkeimman kohdan ja säiliön väliin jää vain noin 50 mm väli. Tällöin rungon eläessä ajon aikana se ei pääse ottamaan säiliöön kiinni.

Takaa apurungon pituus määräytyy yleisesti säiliön konsoleiden mukaan. Päädyn täytyy yltää vähintään takimmaisen konsolin takapuolelle, mutta sitä voidaan jatkaa pitemmällekin, mikäli säiliön rakenne sen sallii. Poikkipalkit sijoitetaan niin, että ne koskevat säiliön asennuskorvakkeisiin. Tällä estetään apurungon vääntymisen, kun säiliön korvakkeet kuormittavat apurunkoa. Poikkipalkit kiinnitetään apurungon U-profiiliin samoilla pulteilla kuin säiliön kiinnikkeet. Tällöin reikien määrä sekä paino apurungossa vähenee ja rakenteesta saadaan tukevampi. Lisäksi poikkipalkit pyritään viemään mahdollisimman alas, jolloin säiliön eri osastoista lähteville purkuputkille jää paremmin tilaa pitkittäisten runkopalkkien väliin.

3.2 Kiinnitys

Kuormatilat on kiinnitettävä niin, että täydellinen ajoneuvo on ajo-ominaisuuksiltaan moitteeton sekä riittävän vakaa ja kestävä. Kiertymisen ja sivuttaisliikkeet ovat yleisempiä ohjaamon takana ja vaimenevat ajoneuvon takapäähän siirryttäessä. Näiden liikkeiden lisäksi kiinnikkeiden on pystyttävä kumoamaan myös sivuttais- ja pitkittäisvoimia.

Jäykimpiä kuormatiloja varten käytetään erilaisia joustavia kiinnikkeitä koko rungon pituudelta. Säiliö ei saa liikkua samassa suhteessa alustan kanssa, vaan joustavien kiinnikkeiden on vaimennettava alustan liikkeet. Jousto tapahtuu asteittain runkoon kiinnityksen ja säiliöön kiinnityksen välillä.

ADR-sopimuksessa on säiliön kiinnityksestä määrätty seuraavaa. Säiliöiden ja niiden kiinnityslaitteiden on suurimmalla sallitulla kuormalla kestävä seuraavat rasitukset (vaarallisten aineiden kuljetus tiellä, lakikokoelma 2015 kohta 6.8.2.1.2):

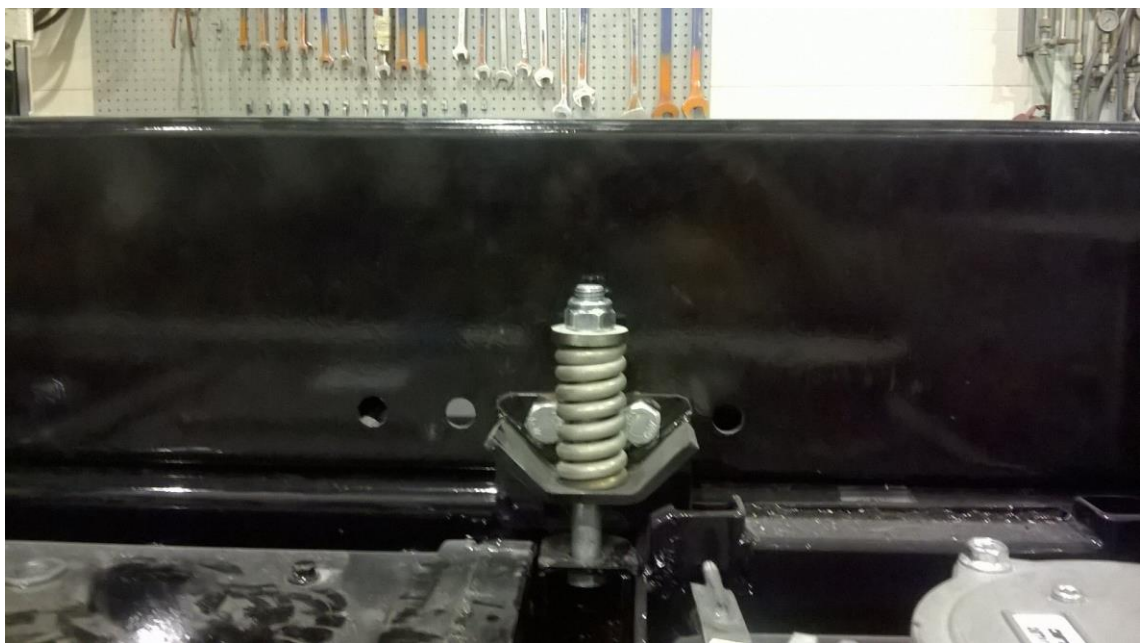
- Kulkusuunnassa, kaksi kertaa kokonaismassa
- Kohtisuorassa kulkusuuntaan nähden, kokonaismassa
- Pystysuorassa ylöspäin, kokonaismassa
- Pystysuoraan alaspäin, kaksi kertaa kokonaismassa

3.2.1 Kiinnitys runkoon

Apurungon kiinnittäminen alustaan tapahtuu yleisesti valmistajan ohjeistuksen mukaan. Alustan runkoon on tehty valmiiksi kiinnikkeille reiät, joista se voidaan pulttaamalla kiinnittää. Erilaisia kiinnitystapoja on lukuisia, joista päällirakentaja valitsee sopivimmat omaan käyttökohteeseensa. Myös hitsattavia liitoksia voidaan käyttää, mutta niitä pyritään välttämään, koska ne ovat murtumaherkempi ratkaisu kuin pulttiliitos.

Säiliöajoneuvoissa käytetään erityyppisten kiinnikkeiden yhdistelmää, jossa etupää tulee kiinni joustavilla kiinnikkeillä ja takapää akseleiden kohdalta kiinteillä kiinnikkeillä. Kiinnikkeiden väli ei saa ylittää 900 mm ja kiinnikkeiden määrän on vastattava kuormasta aiheutuvia rasituksia (Scania dokumentti. Päällirakenteen kiinnitys. 2016).

Apurungon etupää kiinnitetään alustaan molemmin puolin kahdella joustavalla kiinnikkeellä (kuva 10). Joustokiinnike sallii apurungon pysty- ja pituussuuntaisen liikkeen, mutta tukeutuu sivusuunnassa alustan runkoon. Etummaisen joustokiinnikkeen jousi säädetään pultin avulla hieman löysemmälle kuin toiseksi tulevan kiinnikkeen. Tällöin jäykkyys kiinnikkeissä lisääntyy asteittain taaksepäin mentäessä. Rungon värinöiden vaimentamiseksi ensimmäinen kiinnityskohta on sijoitettava mahdollisimman lähelle etuakselia. Tämä on erityisen tärkeää ajoneuvoissa, joissa etuakseli on ilmajousitettu. Joustokiinnikettä varten tulee apurunkoon tehdä reiät kahdelle 14 mm pultille.



KUVA 10. Joustokiinnike.

Taka-akseliston kohdalta apurunko kiinnitetään alustaan molemmin puolin kolmella jäykällä kiinnikkeellä (kuva 11). Ensimmäisen kiinteän kiinnikkeen tulisi sijaita heti rungon mutkan takapuolella. Etäisyyden joustavaan kiinnikkeeseen on kuitenkin oltava vähintään 500 mm, jotta kiinteä kiinnike ei joudu liian suurelle kuormitukselle. Kiinteää kiinnitystä varten tulee apurunkoon tehdä reiät kolmelle 14 mm pultille.



KUVA 11. Jäykkä kiinnitys yhdeksällä 14 mm pultilla.

3.2.2 Kiinnitys säiliöön

Säiliörakenne kiinnitetään apurunkoon joustavilla ns. taskukiinnikkeillä, jotka sijaitsevat apurungon sivuilla (kuva12). Tämän lisäksi apurungon ja säiliörakenteen väliin on asennettu lepokumit, joiden päällä säiliö lepää. Taskukiinnikkeet ja lepokumit sijaitsevat konsolien kohdalla molemmin puolin runkoa ja niiden määrä on verrannollinen konsolien lukumäärään. Taskukiinnikkeiden tarkoituksena on sallia säiliön kallistuminen sivusuunnassa ja joustaa alaspäin sekä estää säiliön liikkuminen pitkittäis- ja sivuttaisuunnassa. Apurungon vääntymisen estämiseksi poikkipalkit asennetaan samaan kohtaan taskukiinnikkeiden ja lepokumien kanssa.



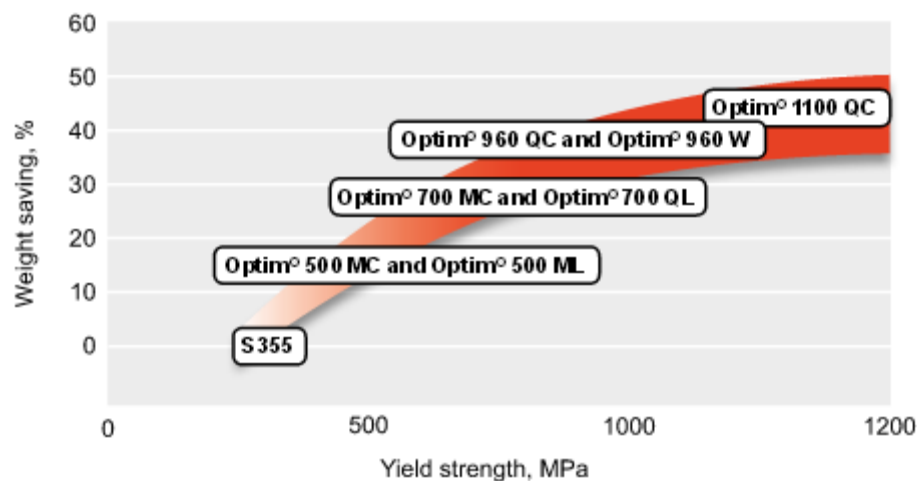
KUVA 12. Taskukiinnike, jossa taustalla myös lepokumi.

Taskukiinnikkeen apurunkoon tuleva osa on terästä ja se kiinnitetään runkoon neljällä 14 mm pultilla. Näistä kahdella pultilla kiinnitetään myös poikkipalkki vastakkaiselle puolelle U-profiilia. Taskukiinnikkeen säiliöön tuleva osa on alumiinia ja se hitsataan kiinni konsoliin. Näiden osien väliin asennetaan kaksi 30 mm kumilevyä, jotka toimivat joustavana materiaalina. Osat kootaan toisiinsa kahdella 16 mm pultilla ja niiden kireyttä säätämälläsaadaan joustoon esijännitys.

3.3 Materiaali

Apurungon materiaalina käytetään terästä ja sen ainevahvuus on yleensä kuusi millimetriä. Teräslaatujen kehittyessä mukaan on kuitenkin tulleet ns. erikoislujat teräslaadut, joita myös alustan valmistajat käyttävät. Nämä laadut mahdollistavat lujemman rakenteen lisäämättä ainevahvuutta (kuvio 1). Erikoislujaa terästä käytettäessä voidaan materiaalin ainevahvuutta pudottaa silti heikentämättä rakennetta.

OPTIM® – WEIGHT SAVING POTENTIAL



KUVIO 1. Painonsäästö kuvio (Ruukki.Steel-products. 2016).

SSAB:lta löytyy kattava valikoima erikoislujia teräslaatuja, joista käytetään nimitystä Strenx ja vanhalta nimeltään Optim. Näiden teräksien myötölujuus on mallista riippuen 500-1300Mpa, kun taas tavallisella rakenneteräksellä se on noin 250-350 Mpa. Tuotenimen perässä oleva numerosarja kertoo myötölujuuden ja kyseisen tuotteen ominaisuudet. Myötölujuusarvon kasvaessa materiaalin lujuus lisääntyy, mutta samalla sen muokattavuus heikkenee. Tämä tulee ottaa huomioon, mikäli materiaalia täytyy taivuttaa tai muulla tavoin muokata. Hitsattavuus on kaikilla erikoislujilla teräksillä hyvä, eivätkä ne tarvitse esilämmitystä tai muita erikoistoimenpiteitä. Kuorma-autoteollisuus käyttää pääasiassa Strenx 600 tai Strenx 700 teräksiä valmistuksessaan.

Yhteistyössä SSAB:n kanssa päädyimme materiaalivalinnassa Strenx 650 MC teräkseen (kuva 13). Runkopalkit tulevat tehtaalta suoraan muokattuina, eivätkä ne vaadi jatkojalostusta. Runkopalkkien ainevahvuus on 4 mm, jolloin senkestävyys on samaa luokkaa tavallisen 6 mm:n teräksen kanssa.

Mechanical Properties

Thickness (mm)	Yield strength $R_{eH}^{1)2)}$ (min MPa)	Tensile strength R_m (MPa)	Elongation $A_{80}^{3)}$ (min %)	Elongation A_5 (min %)	Min. inner bending radius for a 90 ° bend ⁵⁾
2 - 3	650	700- 850	12	14 ⁴⁾	0.8 x t
3.01 - 6	650	700- 850		14	1.2 x t
6.01 - 10	650	700- 850		14	1.5 x t

The mechanical properties are tested in the longitudinal direction.

¹⁾ If R_{eH} is not applicable then $R_p 0.2$ is used.

²⁾ On thicknesses >8 mm the minimum yield strength may be 20MPa lower.

³⁾ A_{80} value applies for thicknesses < 3.00 mm.

⁴⁾ A_5 value applies for sheet thickness $t \geq 3$ mm.

⁵⁾ For both longitudinal and transverse direction.

KUVA 13. Strenx 650 MC mekaaniset ominaisuudet (SSAB. Tuotteet. 2016).

5 POHDINTA

Tavoitteena opinnäytetyössä oli suunnitella apurunko polttoainekuljetuksiin tarkoitettuun säiliöajoneuvoon. Tavoitteeseen päästiin hyvin ja myös parannettavaa löytyi FEM-laskennan avulla. 3-D suunnitteluohjelmistoa käyttäen saatiin valmistettua osa- ja kokoonpanokuvat, sekä mittapiirustukset (liite 2). Suunnitteluohjelmiston avulla osien yhteensovittaminen oli helppoa ja kuvasta pystyi kätevästi tarkastamaan eri komponenteille, kuten pohjaputkistolle vaadittavan tilan riittävyyden.

Parannuksena ehdotan kulmakiinnikkeiden ja poikittaispalkkien materiaalivehvuuden lisäämistä yhdellä tai kahdella millimetrillä. Kokonaisuuteen verrattuna nämä osat ovat varsin pieniä, eikä niiden materiaalivehvuuden lisääminen kasvata kokonaispainoa merkittävästi. Lisäksi kappaleiden muotoilua muuttamalla siten, että materiaali lisääntyy heikolla alueella, voidaan lisätä niiden kestävyttä. Muutosten tulee kuitenkin olla selkeitä, koska materiaalin myötölujuus ylittyi ilman varmuuskerrointa.

3-D suunnitteluohjelmiston avulla saatiin myös selville komponenttien paino ja tämän kautta kokonaisen apurungon paino. Neljän millimetrin materiaalista valmistetun apurungon painoksi tuli n. 143 kg. Tähän lukemaan kun lisätään 1/2 lisää painoa, saadaan kuuden millimetrin materiaalista valmistetun apurungon paino, eli apurungon painoksi tulisi n. 214 kg. Painon säästöä syntyi täten 71 kg. Bensiinin ominaispainon ollessa n. 0,75 kg/l, tekee tämä n. 96,5 l enemmän kuljetettavaa bensiiniä jokaista jalostamolta lähtevää kuljetusta kohden. Dieselöljyn ominaispaino on n. 0,80 kg/l ja tällöin se tekee n. 89 l enemmän kuljetettavaa dieselöljyä. Vaikka määrä on vähäinen, tekee se pitkällä aikavälillä suuria säästöjä kuljetusyrittäjille.

LÄHTEET

Miettinen-Bellevergue, S., Häkkinen, A., Suominen, M. & Grönlund, M. 2015. Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä. 1. Painos. Porvoo: Edita publishing Oy.

Kiljunen, M., Pöntinen, M. & Tuppurainen, U. 1993. Auto- ja kuljetusalan erikoistumisoppi 5. 1. Painos. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Scania. 2016. Dokumentti. Apurunkorakenne. PDF-tiedosto. Luettu 4.7.2016.
https://til.scania.com/w/bwm_0001065_07

Scania. 2014. Dokumentit. Apurunkorakenne. PDF-tiedosto. Luettu 7.7.2016.
https://til.scania.com/groups/bwd/documents/bwm/mdaw/mji3/~edisp/bwm_0000448_07.pdf

Scania. 2003. Dokumentit. Yleisetpäällirakenneohjeet 2. PDF-tiedosto. Luettu 7.7.2016.
https://til.scania.com/groups/bwd/documents/bwm/mdaw/mji2/~edisp/bwm_0000009_07.pdf

Scania. 2016. Dokumentti. Päällirakenteen kiinnitys. PDF-tiedosto. Luettu 3.7.2016.
https://til.scania.com/w/bwm_0000450_07

Ruukki. 2016. Steel-products. PDF-tiedosto. Luettu 16.7.2016.
<http://www.ruukki.com.tr/~media/Files/Steel-products/Hot-rolled-steels-processing-instructions/Ruukki-Optim-high-strength-steels-hand-out-07-2013.pdf>

SSAB. 2016. Tuotteet. PDF-tiedosto. Luettu 15.7.2016.
<http://www.ssab.fi/tuotteet/brandit/strenx/tuotteet/strenx-650-mc>

LIIITEET